

Seminar Nasional Dalam Rangka Dies Natalis UNS Ke 42 Tahun 2018**“Peran Keanekaragaman Hayati untuk Mendukung Indonesia sebagai Lumbung Pangan Dunia”**

Karakteristik Fitokimia Mikrokapsul Minyak Atsiri Jahe Merah (*Zingiber officinale* var. *Rubrum*) dan Aktivitas Antimikroba Terhadap Bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*

Ranti Dwiutami Puteri, Tita Rialita, Bambang Nurhadi

Fakultas Teknologi Industri Pertanian, Universitas Padjadjaran, Bandung, Jawa Barat

Abstrak

Minyak atsiri jahe merah diketahui dapat menghambat pertumbuhan beberapa jenis bakteri dengan aktivitas antimikroba yang cukup tinggi, namun penyimpanan tanpa perlindungan tinggi dapat menurunkan aktivitas antimikroba. Proses enkapsulasi menggunakan bahan penyalut yang tepat dapat memberikan perlindungan yang baik terhadap minyak atsiri. Salah satu bahan penyalut untuk proses enkapsulasi adalah gum arab. Tujuan penelitian ini adalah menentukan rasio gum arab sebagai enkapsulan mikrokapsul minyak atsiri jahe merah yang menunjukkan aktivitas antimikroba tertinggi untuk menghambat bakteri *E.coli* dan *S.aureus*. Metode penelitian yang digunakan adalah penelitian eksperimental dengan analisis secara deskriptif terdiri dari 3 perlakuan rasio minyak atsiri jahe merah dan gum arab, yaitu 1:3, 1:4, 1:5 (v/b) dan diulang 3 kali. Hasil penelitian menunjukkan bahwa komponen fitokimia minyak atsiri jahe merah dan mikrokapsul minyak atsiri jahe merah sama-sama mengandung komponen mayor yaitu *ar-curcumene*, *zingiberen*, β -*Bisabolene*, β -*Sesquiphellandrene*, dan *camphene*. Mikrokapsul minyak atsiri jahe merah dari rasio minyak atsiri jahe merah dan gum arab 1:3 (v/b) terpilih sebagai rasio terbaik, yaitu pada konsentrasi 1% dapat mereduksi jumlah total koloni bakteri *E.coli* sebesar 1,8 log cfu/g dan *S.aureus* 2,3 log cfu/g.

Kata kunci: antimikroba, mikroenkapsulasi, minyak atsiri jahe merah

Pendahuluan

Minyak atsiri merupakan minyak volatil hasil metabolisme sekunder tumbuhan yang diperoleh dari bagian tumbuhan seperti bunga, daun, biji, kulit kayu, buah-buahan dan akar atau rimpang. Minyak atsiri diketahui mengandung campuran berbagai senyawa yaitu terpen, alkohol, aseton, fenol, asam, aldehyd dan ester, yang umumnya digunakan sebagai pemberi esens (aroma) pada pangan, kosmetika, atau sebagai komponen fungsional pada produk farmasi (Tajkarimi dkk., 2010). Berbagai jenis minyak atsiri dari rempah-rempah dilaporkan berpotensi untuk dikembangkan sebagai bahan pengawet pangan karena memiliki aktivitas

antimikroba dengan spektrum luas, diantaranya terhadap bakteri patogen dan perusak pangan (Oussalah dkk., 2006; De Souza dkk., 2006; Gutierrez dkk., 2008).

Jahe merah mengandung minyak atsiri sebesar 3,90% lebih tinggi daripada jahe gajah dan jahe emprit masing-masing mengandung minyak atsiri sebesar 1,62-2,29% dan 3,05-3,48% (Rahardjo, 2008 dikutip Rialita, dkk., 2015). Menurut Rialita dkk. (2015), komponen mayor minyak atsiri jahe merah terdiri dari *trimethyl-heptadien-ol*, *ar-curcumene*, *camphene*, *carbaldehyde*, β -*sesquiphellandrene*, dan *nerol* yang bersifat sebagai antimikroba. Minyak atsiri jahe merah menghasilkan aktivitas antimikroba yang cukup tinggi atau moderat dengan nilai MIC (*Minimum Inhibitor Concentration*) dan MBC (*Minimum Bactericidal Concentration*) berturut-turut terhadap *Bacillus cereus*, *Escherichia coli*, *Salmonella Typhimurium* dan *Pseudomonas aeruginosa* ada pada kisaran nilai MIC 2,65-3,97 mg/mL dan MBC 3,10-5,29 mg/mL. Penggunaan minyak atsiri jahe merah pada daging ayam segar menghasilkan efek bakteristatik terhadap *B. aureus* dan *S. Typhimurium* setelah waktu penyimpanan 8 jam, sehingga minyak atsiri jahe merah berpotensi sebagai bahan pengawet pada produk pangan segar. Adapula hasil penelitian Handrianto (2016), menunjukkan bahwa ekstrak segar rimpang jahe merah pada konsentrasi 60% memiliki daerah hambat tertinggi terhadap *S. aureus* (10,09 mm) tingkat sedang dan *E. coli* (9,67 mm) tingkat lemah.

Bakteri *E.coli* dan *S.aureus* merupakan beberapa contoh mikroba patogen dan perusak yang dapat mengakibatkan infeksi pada manusia melalui kontaminasi dalam bahan pangan. Untuk itu diperlukan suatu upaya efektif menghambat pertumbuhan bakteri *E.coli* dan *S.aureus* pada bahan pangan salah satunya dengan menggunakan minyak atsiri jahe merah.

Salah satu cara mempermudah pengaplikasian minyak atsiri jahe merah adalah dengan proses enkapsulasi. Enkapsulasi adalah suatu proses penyalutan bahan-bahan inti yang berbentuk cair atau padat dengan menggunakan suatu bahan penyalut khusus yang membuat inti mempunyai sifat kimia dan fisika seperti yang dikehendaki (Rosenberg dkk., 1993). Salah satu metode enkapsulasi yang banyak digunakan adalah metode *spray drying*. Metode ini sederhana, fleksibel, waktu untuk pengeringan bahan cukup singkat, stabilitas produk akhir yang baik, kemampuan retensi bahan volatil yang baik dan juga mudah untuk digandakan skalanya.

Efektivitas dari mikroenkapsulasi ditentukan dari penggunaan bahan penyalutnya. Penggunaan bahan penyalut yang tepat akan menghasilkan mikrokapsul dengan daya proteksi yang optimal. Sumanti dkk. (2016), mengatakan, bahan penyalut yang umum digunakan sebagai enkapsulan dapat berasal dari gum, karbohidrat, dan protein seperti susu skim, laktosa, sukrosa, maltodekstrin, alginat, gum arab, pati, agar, gelatin, karagenan, albumin,

dan kasein. Penggunaan bahan penyalut yang tepat akan menghasilkan mikroenkapsulasi dengan daya proteksi yang baik.

Gum arab dapat bertindak sebagai pengemulsi minyak atsiri dan senyawa flavor (Williams dan Phillips, 2009). Gum arab mudah larut dalam air dan kompatibel dengan bahan penyalut lain seperti hidrokoloid lainnya yang berasal dari tanaman, protein, karbohidrat, dan pati termodifikasi (Zuidam dan Nedović, 2010). Untuk mendapatkan mikrokapsul minyak atsiri dengan daya larut tinggi dan aktivitas antimikroba yang tinggi maka perlu dilakukan penelitian mengenai rasio gum arab yang paling baik sebagai enkapsulan komponen aktif minyak atsiri jahe merah.

Berdasarkan uraian di atas perlu dilakukan penelitian mengenai pengaruh rasio gum arab sebagai penyalut mikrokapsul minyak atsiri jahe merah terhadap aktivitas komponen aktif dan sifat antimikrobanya pada *E.coli* dan *S.aureus*.

Metodologi

Metode penelitian yang digunakan yaitu Metode Eksperimen dengan analisis secara deksriptif. Percobaan terdiri dari 3 perlakuan rasio minyak atsiri jahe merah dan gum arab, yaitu 1:3, 1:4, 1:5 (v/b) dengan 3 kali ulangan. Penelitian terdiri dari lima tahapan, yaitu: (1) Ekstraksi minyak atsiri jahe merah (Supriyanto dan Cahyono, 2012), (2) Mikroenkapsulasi Minyak Atsiri Jahe Merah (Modifikasi Yuliani dkk., 2007), (3) Analisis fitokimia (Carunchia Whetstine dkk., 2006), (4) Persiapan kultur mikroba (Lv dkk., 2011), dan (5) Pengujian aktivitas antimikroba mikrokapsul minyak atsiri jahe merah terhadap *E.coli* dan *S.aureus* dengan Metode Kontak dan Dilusi (Rahmawati dkk., 2011).

Hasil Dan Pembahasan

Komponen Fitokimia Minyak Atsiri Jahe Merah dan Mikrokapsul

Minyak atsiri jahe merah memiliki komponen fitokimia yang bersifat antimikroba. Komponen fitokimia minyak atsiri jahe merah dapat dianalisis secara kuantitatif menggunakan GC-MS. Komponen fitokimia minyak dan mikrokapsul minyak atsiri jahe merah yang dihasilkan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Komponen Fitokimia Mayor pada Minyak dan Mikrokapsul Minyak Atsiri Jahe Merah

No	Nama	Konsentrasi Komponen Fitokimia Mayor (%)			
		Minyak	Rasio Minyak Atsiri Jahe Merah dan Gum Arab pada Mikrokapsul		
			(1:3)	(1:4)	(1:5)
1	Camphene	6,90	2,96	2,45	2,09
2	Zingiberene	13,92	7,30	6,31	5,70
3	Curcumene	17,39	8,28	7,18	6,24
4	β -Bisabolene	12,42	5,99	5,28	4,76
5	β -Sesquiphellandrene	9,82	5,09	4,43	3,72

Komponen minyak atsiri jahe merah yang dihasilkan didominasi oleh kelompok monoterpene (hidrokarbon, teroksidasi), seskuiterpene (hidrokarbon, teroksidasi), alkohol, aldehida, asam dan lainnya. Komponen monoterpen dan seskuiterpen dilaporkan memiliki aktivitas antibakteri yang kuat (Sasidharan dan Menon, 2010; Sivasothy dkk., 2011). Komponen fitokimia mikrokapsul minyak atsiri jahe merah masih mengandung komponen mayor dari minyak atsiri jahe merah tanpa penyalutan dari jahe merah segar pada umur panen 9 bulan, yaitu *ar-curcumene*, *zingiberen*, β -*Bisabolene*, β -*Sesquiphellandrene*, dan *camphene*. Teknik penyalutan ternyata mampu memerangkap minyak atsiri jahe merah dengan baik, terlihat dari masih terkandungnya komponen-komponen mayor pada mikrokapsul.

Konsentrasi komponen fitokimia dari mikrokapsul minyak atsiri jahe merah relatif lebih rendah dibandingkan dengan konsentrasi komponen fitokimia minyak atsiri jahe merah tanpa penyalutan. Hal ini dipengaruhi dari jumlah minyak yang disalut dan jenis bahan penyalut. Semakin besar rasio minyak atsiri dan penyalut gum arab, maka semakin sedikit jumlah minyak atsiri yang ditambahkan. Selain itu, penyalut gum arab memiliki dua sifat yaitu hidrofobik dan hidrofilik yang dapat meningkatkan stabilitas dengan meningkatkan viskositas (Williams dan Phillips, 2009). Hal ini menyebabkan minyak terperangkap dalam penyalut gum arab karena kemampuannya membentuk film yang kuat (Krishnan dkk., 2005). Dari berbagai rasio enkapsulan, rasio 1:3 (v/b) dinilai memiliki aktivitas sebagai penyalut yang baik ditunjukkan dari besarnya jumlah konsentrasi komponen fitokimia mayor dimana penyalut gum arab mampu mempertahankan konsentrasi komponen fitokimia minyak atsiri jahe merah.

Hasil penelitian Rialita dkk. (2015), mengidentifikasi senyawa dari minyak atsiri jahe merah segar pada umur panen sedang yaitu sekitar 6-8 bulan dengan komponen mayor yaitu: *trimethyl-heptadieneol* (7,34%), *ar-curcumene* (6,77%), *camphene* (6,18%), *carbaldehyde* (4,54%), β -*sesquiphellandrene* (3,80%), *nerol* (3,47%), dan β -*Bisabolene* (3,38%), serta

komponen minor lainnya dengan konsentrasi masing-masing kurang dari 3%. Adanya perbedaan besarnya konsentrasi komponen fitokimia minyak atsiri jahe merah dari beberapa hasil penelitian dipengaruhi oleh varietas tanaman, tanah dan iklim pertumbuhan, cara budidaya serta umur rimpang (Sivasothy dkk., 2011).

Komponen minyak atsiri jahe pada umumnya didominasi oleh komponen seskuiterpen hidrokarbon yaitu: α -zingiberene, α -curcumene, β -bisabolene, dan β -sesquiphellandrene (Natta dkk., 2008; Singh dkk., 2011), sehingga komponen minyak atsiri jahe merah pada penelitian kali ini hampir sama dengan komponen minyak atsiri pada umumnya.

Aktivitas Antimikroba

Uji aktivitas antimikroba mikrokapsul minyak atsiri jahe merah terhadap bakteri *E. coli* dan *S. aureus* berdasarkan pengujian menggunakan metode kontak dan dilusi secara kuantitatif dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Pengaruh Rasio Penyalut Mikrokapsul dan Jenis Bakteri Terhadap Jumlah Total Bakteri

Rasio Minyak Atsiri Jahe Merah dan Gum Arab (v/b)	Rata-rata Jumlah Total Bakteri (Log cfu/g)				
	t_0	t_{48}		Δ Reduksi	
		<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>
1:3	8,2	6,4	5,9	1,8	2,3
1:4	8,2	6,7	6,4	1,5	1,7
1:5	8,2	6,9	6,6	1,3	1,6

Mikrokapsul minyak atsiri jahe merah pada konsentrasi 1% dapat mereduksi jumlah total bakteri *E.coli* dan *S.aureus* sebesar 1,3 - 2,3 log cfu/g dari jumlah kontrol t_0 setelah masa inkubasi 48 jam. Rata-rata penurunan jumlah total bakteri *E.coli* sebesar 1,5 log cfu/g, sedangkan terhadap *S.aureus* sebesar 1,9 log cfu/g. Rasio minyak atsiri jahe merah dan gum arab 1:3 (v/b) menunjukkan jumlah reduksi mikroba tertinggi, yaitu 1,8 log cfu/g terhadap *E.coli* dan 2,3 log cfu/g terhadap *S.aureus*. Hasil ini menunjukkan bahwa reduksi terhadap jumlah bakteri *S.aureus* relatif lebih besar daripada *E.coli*. Hal ini dipengaruhi oleh perbedaan struktur dinding sel antara kedua bakteri uji tersebut. Dinding sel *S.aureus* yang merupakan bakteri gram positif memiliki struktur dinding sel yang sederhana dimana tersusun atas lapisan peptidoglikan dan asam teikoat yang dapat larut air sehingga

memudahkan senyawa antibakteri yang bersifat polar, seperti senyawa fenolik (flavonoid dan tanin) untuk berpenetrasi ke dalam sel. Berbeda dengan *S.aureus*, *E.coli* merupakan bakteri gram negatif yang memiliki membran luar lebih kompleks, dimana terdiri dari protein, fosfolipid dan lipopolisakarida sehingga senyawa yang bersifat polar lebih sukar masuk ke dalam sel bakteri gram negatif. Adanya lipid yang bersifat non polar juga berfungsi untuk mencegah masuknya bahan kimia dari luar.

Berdasarkan penelitian terdahulu, gum arab dilaporkan memiliki aktivitas antimikroba terhadap strain *Streptococcus viridans*, *S.aureus*, *E.coli*, *Salmonella* Typhi, *Bacillus subtilis*, *B. creus*, *Shigella sonnei* dan strain jamur *Candida albicans*, *C. glabrata*, *Aspergillus niger* dan *Rhizoctonia solani* (Banso, 2009; Baravkar, dkk., 2008; Das, dkk., 2014; Ghosh, dkk., 2014; Lawrence, dkk., 2015; Sharma dkk., 2014). Menurut Ghosh, dkk (2014) dan Das, dkk. (2014) aktivitas antimikroba pada gum arab lebih aktif ketika diekstrak menggunakan methanol, etanol, dan benzene dibandingkan dengan air. Senyawa flavonoid dan alkaloid dari gum arab memiliki nilai MIC (*Minimum Inhibitor Concentration*) 0,125-1 mg/ml terhadap bakteri *S.aureus*, *B.subtilis*, *E.coli* and *S. Typhi*. Selain itu senyawa saponin menghambat *P.aeruginosa* dan polisakarida menghambat *S.aureus* dan *B.subtilis* (Vijayasanthi dkk., 2012).

Komponen utama dari minyak atsiri jahe merah adalah kandungan kimia minyak atsiri dari zat zingiberen dan zingiberol yang mempunyai daya bunuh terhadap mikroorganisme (Tilong, 2013 dikutip Rizkita, 2017). Menurut Çıkrıkçı dkk., (2008), aktivitas antibakteri kurkumin dapat menghambat pertumbuhan *E.coli* penyebab penyakit diare akut. Kurkumin merupakan senyawa fenolik yang juga dapat menghambat pertumbuhan bakteri dengan cara mendenaturasi dan merusak membran sel sehingga proses metabolisme sel akan terganggu. Senyawa camphene juga memiliki sifat antimikroba kuat.

Burt (2004) menjelaskan pula bahwa turunan senyawa terpenoid seperti *geranial*, *neral*, *geraniol*, *1,8-cineole*, *α -caryophyllene*, *α -pinene*, dan *camphor* diduga terlibat pada berbagai mekanisme kerusakan membran sitoplasma bakteri, mengkoagulasi komponen sel dan mengganggu *Proton Motive Force* (PMF). Cara kerja minyak atsiri akan menyebabkan kebocoran ion, ATP, asam nukleat dan asam amino dari mikroba target. Oussalah dkk., (2006) menyatakan bahwa minyak atsiri dapat mencapai periplasma bakteri Gram-negatif melalui protein porin dari membran luar. Permeabilitas membran sel tergantung pada komposisinya dan hidrofobisitas komponen yang melewatinya.

Kesimpulan Dan Saran

- a. Komponen fitokimia minyak atsiri jahe merah dan mikrokapsul minyak atsiri jahe merah sama-sama mengandung komponen mayor yaitu *ar-curcumene*, *zingiberen*, β -*Bisabolene*, β -Sesquiphellandrene, dan *camphene*.
- b. Mikrokapsul minyak atsiri jahe merah dari rasio minyak atsiri jahe merah dan gum arab 1:3 (v/b) terpilih sebagai rasio terbaik, yaitu pada konsentrasi 1% dapat mereduksi jumlah total koloni bakteri *E.coli* sebesar 1,8 log cfu/g dan *S.aureus* 2,3 log cfu/g.

Daftar Pustaka

- Banso, A. (2009). Phytochemical and Antibacterial Investigation of Bark Extracts of *Acacia nilotica*. *Journal of Medicinal Plants Research*, 3(2), 082–085.
- Baravkar, A. A., Kale, R. N., Patil, R. N., & Sawant, S. D. (2008). Pharmaceutical and Biological Evaluation of Formulated Cream of Methanolic Extract of *Acacia Nilotica* Leaves. *Research Journal of Pharmacy and Technology*, 1(4), 481–483.
- Burt, S. (2004). Essential oils: Their Antibacterial Properties and Potential Applications in Foods—a Review. *International Journal of Food Microbiology*, 94, 223–253. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2004.03.022>
- Carunchia Whetstine, M. E., Drake, M. A., Nelson, B. K., & Barbano, D. M. (2006). Flavor Profiles of Full-Fat and Reduced-Fat Cheese and Cheese Fat Made from Aged Cheddar with the Fat Removed Using a Novel Process. *Journal of Dairy Science*, 89(2), 505–517. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72113-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72113-0)
- Çikrikçi, S., Mozioğlu, E., & Yılmaz, H. (2008). Biological Activity of Curcuminoids Isolated From *Curcuma longa*. *Records of Natural Products*, 2, 19–24.
- Das, N., & Chatterjee, P. (2014). Evaluation of Antimicrobial Potentiality of 50% Aqueous Ethanolic Leaf Extract of *Acacia nilotica* Willd. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, 7(SUPPL. 1), 95–98.
- De Souza, E. L., Stamford, T. L. M., & Lima, E. D. O. (2006). Sensitivity of Spoiling and Pathogen Food-related Bacteria to *Origanum Vulgare* L. (lamiaceae) Essential Oil. *Brazilian Journal of Microbiology*, 37(4), 527–532. <https://doi.org/10.1590/S1517-83822006000400023>
- Ghosh, M. De, & Ramakrishna, T. M. (2014). Antimicrobial Activity and Phytochemical Analysis, 3(6), 1794–1799.
- Gutierrez, J., Barry-ryan, C., & Bourke, P. (2008). The Antimicrobial Efficacy of Plant Essential Oil Combinations and Interactions with Food Ingredients. *International Journal of Food Microbiology*, 124(1), 91–7. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2008.02.028>

- Krishnan, S., Bhosale, R., & Singhal, R. S. (2005). Microencapsulation of Cardamom oleoresin: Evaluation of Blends of Gum Arabic, Maltodextrin and a Modified Starch as Wall Materials. *Carbohydrate Polymers*, 61(1), 95–102. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2005.02.020>
- Lawrence, R., Jeyakumar, E., & Gupta, A. (2015). Original Research Article Antibacterial Activity of *Acacia arabica* (Bark) Extract against selected Multi Drug Resistant Pathogenic Bacteria, 1(1), 213–222.
- Lv, F., Liang, H., Yuan, Q., & Li, C. (2011). In Vitro Antimicrobial Effects and Mechanism of Action of Selected Plant Essential Oil Combinations Against Four Food-related Microorganisms. *Food Research International*, 44(9), 3057–3064. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.07.030>
- Natta, L., Orapin, K., Krittika, N., & Pantip, B. (2008). Essential Oil from Five Zingiberaceae for Anti Food-borne Bacteria. *International Food Research Journal*, 15(3), 337–346.
- Oussalah, M., Caillet, S., Saucier, L., & Lacroix, M. (2006). Antimicrobial Effects of Selected Plant Essential Oils on the Growth of a *Pseudomonas putida* Strain Isolated from Meat. *Meat Science*, 73(2), 236–244. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2005.11.019>
- Rahmawati, N., Sujarwo, E., & Widodo, E. (2011). Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Herbal Terhadap Bakteri *Escherichia coli*. *Jurnal Ilmu-Ilmu Peternakan*, 24(3), 24–31.
- Rialita, Tita; Rahayu, Winiati Pudji; Nuraida, Lilis; Nurtama, B. (2015). Aktivitas Antimikroba Minyak Esensial Jahe Merah (*Zingiber officinale* var. *Rubrum*) dan Lengkuas Merah (*Alpinia purpurata* K Schum) terhadap Bakteri Patogen dan Perusak Pangan. *Agritech*, 35(1), 43–52.
- Rizkita, A. D. (2017). Efektivitas Antibakteri Ekstrak Daun Sereh Wangi, Sirih Hijau, dan Jahe Merah Terhadap Pertumbuhan *Streptococcus mutans*. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi*, (November 2017), 1–2.
- Rosenberg, M., & Young, S. L. (1993). Food Structure Whey Proteins as Microencapsulating Agents. *Microencapsulation of Anhydrous Milkfat - Structure Evaluation. Food Structure*, 12(12), 31–41.
- Sasidharan, I., & Menon, a N. (2010). Comparative Chemical Composition and Antimicrobial Activity Fresh & Dry Ginger Oils (*Zingiber Officinale* Roscoe). *International Journal of Current Pharmaceutical Research*, 2(4), 4–7.
- Sharma, C., Aneja, K. R., Surain, P., Dhiman, R., Jiloha, P., & Kaur, M. (2014). In Vitro Evaluation of Anti-microbial Spectrum of *Acacia nilotica* Leaves and Bark Extracts Against Pathogens Causing Otitis Infection, 1(1), 51–56.
- Singh, G., Kapoor, I. P. S., Singh, P., de Heluani, C. S., de Lampasona, M. P., & Catalan, C. A. N. (2008). Chemistry, Antioxidant and Antimicrobial Investigations on Essential Oil and Oleoresins of *Zingiber officinale*. *Food and Chemical Toxicology*, 46(10), 3295–

3302. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2008.07.017>

- Sivasothy, Y., Chong, W. K., Hamid, A., Eldeen, I. M., Sulaiman, S. F., & Awang, K. (2011). Essential Oils of *Zingiber officinale* var. *rubrum* Theilade and Their Antibacterial Activities. *Food Chemistry*, 124(2), 514–517. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.06.062>
- Sumanti, D. M., Lanti, I., Hanidah, I.-I., Sukarminah, E., & Giovanni, A. (2016). Pengaruh Konsentrasi Susu Skim dan Maltodekstrin Sebagai Penyalut Terhadap Viabilitas dan Karakteristik Mikroenkapsulasi Suspensi Bakteri *Lactobacillus plantarum* menggunakan metode freeze drying. *Jurnal Penelitian Pangan (Indonesian Journal of Food Research)*, 1(1), 7–13. <https://doi.org/10.24198/jp2.2016.vol1.1.02>
- Vijayasanthi, M., Kannan, V., Venkataswamy, R., & Doss, A. (2012). Evaluation of The Antibacterial Potential of Various Solvent Extracts of *Acacia nilotica* Linn. Leaves. *Hygeia Journal for Drugs and Medicine*, 4(1), 91–96.
- Williams, P. A., & Phillips, G. O. (2009). Gum arabic. *Handbook of Hydrocolloids*, 252–273. <https://doi.org/10.1533/9781845695873.252>
- Yuliani, S., Harimurti, N., & Yuliani, S. S. (2007). Pengaruh Laju Alir Umpan Dan Suhu Inlet Spray Drying pada Karakteristik Mikrokapsul Oleoresin Jahe. *Jurnal Pascapanen*, 4(1), 18–26.
- Zuidam, N. J., & Nedović, V. A. (2010). Encapsulation Technologies for Active Food Ingredients and Food Processing. *Encapsulation Technologies for Active Food Ingredients and Food Processing*. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1008-0>